围产前期饲粮粗蛋白质水平对荷斯坦经产奶牛产后生产性能和血液指标的影响

刘 薇[1] 李 妍[2*] 高艳霞[1,3] 李秋凤[1,3] 曹玉凤[1,3] 李建国[1,3**]

（1.河北农业大学动物科技学院，保定 071001；2.河北农业大学动物医学院，保定 071001；3.河北省牛羊胚胎工程技术研究中心，保定 071001）

摘 要：本试验旨在研究围产前期饲粮粗蛋白质水平对产后奶牛生产性能和血液生化指标影响。选取预产期、胎次、体重相近，上一个泌乳期时长、产奶量相近的 21 头经产荷斯坦奶牛，随机分为 3 组，每组 7 头。在围产前期（产前 21 d 内）饲喂粗蛋白质水平分别为 12.12%(A 组)、13.07%(B 组)、14.02%(C 组)，产奶净能均为 5.50 MJ/kg 的 3 种不同饲粮，研究其对奶牛产后 1~30 d 的生产性能和血液指标的影响。结果表明：1）产后 1~30 d，B 组的干物质采食量分别比 A、C 组高 5.41%、5.85%（$P<0.05$）。产后 30 d，A、B 和 C 组体重分别损失 6.30%、5.03%、8.22%，C 组体重损失最高。B 组与其他 2 组相比，有增加产后产奶量的趋势，但各组间差异不显著（$P>0.05$）。产后 2~10 d，B 组的乳糖率比 C 组高 4.31%（$P<0.05$）。围产前期 B 组的粗蛋白质表观消化率比 A 组高 12.56%（$P<0.05$)。2）产后 10、20、30 d，B 组血清葡萄糖（GLU）含量分别比 C 组高 31.41%、29.47%、21.38%（$P<0.05$）。分娩当天，B 组血清总蛋白（TP）含量比 C 组高 12.98%（$P<0.05$）。产后 30 d，B 组血清白蛋白（ALB）、瘦素（LP）含量分别高于 C 组 14.69%、5.97%（$P<0.01$）。产后 20 d，B 组血清甘油三酯（TG）含量均比 A、C 组低 3.57%（$P<0.05$），血清胰岛素（Ins）含量分别比 A、C 组低 7.26%、12.47%（$P<0.01$）。产后 30 d,B 组血清胰岛素样生长因子Ⅰ（IGF-Ⅰ）含量比 C 组低 4.94%（$P<0.01$）。综上，饲粮粗蛋白质水平 13.07%为围产前期适宜饲粮粗蛋白质水平。

关键词：围产期；荷斯坦奶牛；粗蛋白质水平；血液指标；生产性能

中图分类号：S823

围产期指奶牛产前 2～3 周到产后 2～3 周，其重要特征表现为机体内分泌状态发生剧烈变化,该时期体内雌激素的逐渐增多及胎儿对消化道的压迫直接导致围产期奶牛采食量下

收稿日期：2015-10-21

基金项目：国家现代农业产业技术体系建设专项资金资助（CARS-37）；河北省现代农业产业技术体系建设专项资金；农业公益性行业专项（200903006）

作者简介：刘 薇（1990—），女，河北邢台人，硕士研究生，从事奶牛营养与饲料科学研究。E-mail: 1013663543@qq.com

*同等贡献者

**通信作者：李建国，教授，博士生导师，E-mail： jgliauh@sohu.com

降，从而奶牛能量摄入不足，然而在妊娠最后 1 周,胎儿及胎盘对养分的需要量在整个妊娠期达到最大，因此出现供不应求的现象，从而导致能量负平衡[1]。产后干物质摄食量（DMI）是影响产奶和奶牛体重变化的一个主要因素。提高产奶早期 DMI 可缩短奶牛的能量负平衡时间。NRC(1989、2001)提出经产奶牛围产期饲粮粗蛋白质水平为 12%，在 12%～13%基础上再增加 2%～4%会降低产后 DMI 和产奶量[2],而青年牛围产前期奶牛饲粮的粗蛋白质水平达到 14.2%才能满足其蛋白质需要。Greenfield 等[3]认为围产前期饲粮粗蛋白质水平控制在 12%时对奶牛产后 DMI、产奶量有积极作用。Santos 等[4]表明,通过添加动物来源的蛋白质使围产前期饲粮粗蛋白质水平由 12.7%提高到 14.7%,可提高奶牛的产奶性能。国内研究表明[5]，经产奶牛分别饲喂粗蛋白质水平为 12.1%、14.0%和 9.6%的饲粮对产后奶牛 DMI 和产奶量无影响。由此可见，国内外对于围产前期奶牛适宜的饲粮粗蛋白质水平仍有争议，需要进一步研究。本试验旨在研究围产前期饲粮粗蛋白质水平对奶牛产后生产性能及血液指标的影响，从而确定适宜蛋白质水平。

1 材料与方法

1.1 试验动物

本试验在河北省保定市宏达牧业有限公司奶牛场进行，选取的 21 头经产荷斯坦奶牛，随机分为 3 组，每组 7 头。各组预产期、胎次、体重相近，上一个泌乳期约 305 d、产奶量相近(P>0.05)，健康无疾病。

1.2 试验设计

参照 NRC（2001）奶牛营养需要，配制产奶净能（5.50 MJ/kg）相同、粗蛋白质水平不同的 3 种饲粮，分别为 12.12%(A 组）、13.07%(B 组）、14.02%(C 组），饲粮组成及营养成分见表 1。产后各组饲喂相同的全混合日粮。

表 1 饲粮组成及其营养水平（干物质基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of diets (DM basis) %

项目 Items	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C
全株玉米青贮 Whole corn silage	23.28	23.28	23.28
羊草 Chinese wildrye	50.06	50.13	50.00
玉米 Corn	8.00	5.30	2.00
麦麸 Wheat bran	6.83	7.10	7.97
豆粕 Soybean meal	2.69	4.25	4.63
菜籽粕 Rapeseed meal	1.40	1.79	2.18

棉籽粕 Cottonseed meal	3.70	4.00	5.00
干酒糟及其可溶物 DDGS	2.70	2.81	3.60
预混料 Premix[1)]	1.34	1.34	1.34
合计 Total	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrition levels[2)]			
产奶净能 NE_L/（MJ/kg）	5.50	5.50	5.50
粗蛋白质 CP	12.12	13.07	14.02
中性洗涤纤维 NDF	61.65	62.02	62.75
酸性洗涤纤维 ADF	32.69	32.96	33.33
钙 Ca	0.62	0.63	0.63
磷 P	0.30	0.31	0.34

[1)] 每千克预混料含有 One kg of premix contained the following：VA 800 000 IU，VD_3 180 000 IU，VE 7 000 mg，生物素 biotin 45 mg，β-胡萝卜素 β-carotene 300 mg，Cu 600 mg，Fe 1 000 mg，Zn 2 200 mg，Mn 1 800 mg，Co 20 mg，Se 30 mg，I 39 mg，Mg 4.5%，Ca 7.2%，P 2.9%。

[2)] 产奶净能为计算值，其他为实测值。NE_L was a calculated value, while the others were measured values.

1.3 饲养管理

各组均是在饲养管理条件一致的条件下进行。每天 06:30、12:00、17:00，按组饲喂不同的饲粮，第 2 天早上称剩余料，测定 DMI。

1.4 样品采集

1.4.1 血样的采集

试验正式开始后，分别于产前 21、14、7 d，分娩当天，产后 5、10、20、30 d 早饲前颈静脉采血，收集 15 mL 血于促凝管中，立即 1 795×g 离心 15 min，分离血清后分装于 0.5 mL 离心管中，储存于-20 ℃冰箱中备用。

1.4.2 粪样的采集

在试验结束前 3 d，每组选 3 头收集粪样。每日 08:00、18:00，通过直肠采样 2 次，严防粪中混入尿液及杂物。将 3 d 收取的粪样分成 2 份，一份按每 100 g 鲜重粪样，加 10%硫酸（H_2SO_4）20 mL，固定鲜粪中的氨态氮，另一份采鲜粪保存。

1.4.3 乳样的采集

通过记录奶牛的日产奶量计算每 10 d 的产奶量日平均值。同时，采集产后 1、10、20、30 d 的乳样(按早、晚 1∶1 的比例取样，每次采乳样 10 mL，混合为当天乳样)。

1.5 测定指标

1.5.1 DMI 和体重

通过每天的饲料供给量和剩余量，测定每头牛的 DMI。在试验开始时、分娩当天、产后 15 与 30 d 挤奶后对牛进行称重。

1.5.2　乳成分

乳样采集当天采用乳成分全项分析仪(MILKYWAY-CP4)室温检测乳脂率、乳蛋白率、乳糖率、乳非脂固形物率。

1.5.3　血液指标

血清葡萄糖（GLU)、尿素氮（UN）、甘油三酯（TG）、白蛋白(ALB)、总蛋白(TP)含量的测定，采用中生北控生物公司的试剂盒，利用荷兰威图半自动生化分析仪进行测定。血清胰岛素（Ins）、胰岛素样生长因子Ⅰ（IGF-Ⅰ）、瘦素（LP）含量采用美国 RB 公司的 ELISA 试剂盒，利用酶标仪（Power wave XS）进行测定。

1.5.4　表观消化率的测定

用内源指示剂（酸不溶灰分）法测定粗蛋白质、粗脂肪、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、钙、磷的表观消化率。其中粗蛋白质含量的测定采用半自动凯氏定氮仪 FOSS 8200 测定。粗脂肪、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、钙、磷的测定方法参见张丽英主编的《饲料分析及饲料质量检测技术》（2 版）。

1.6　统计处理

试验数据用 Excel 进行初步统计，采用 SPSS 13.0 统计软件中 ANOVA 程序进行方差分析，差异显著时用 Duncan 氏法进行各组间多重比较。试验结果用“平均值±标准差”表示。

2　结 果

2.1　奶牛 DMI

由表 2 可知，B 组奶牛 DMI 较 A、C 2 组均有不同程度的提高。产后 1~10 d 内，B 组的 DMI 比 C 组高 8.90%（P<0.05）；在 21~30 d 内，B 组分别比 A、C 组高 5.12%、6.49%（P<0.01）；B 组 1~30 d DMI 的分别比 A、C 组高 5.41%、5.85%（P<0.05）。

表 2　围产前期饲粮粗蛋白质水平对奶牛产后 1～30 d 干物质采食量的影响

Table 2　Effects of prepartal dietary crude protein level on DMI of cows at postpartal days 1 to 30　　kg/d

组别 Groups	产后时间 Postpartal time/d			
	1~10	11~20	21~30	1~30

A	10.22±0.95[ab]	14.53±1.99	18.57±0.56[Bb]	14.41±1.17[b]
B	10.64±0.86[a]	15.49±2.28	19.52±0.57[Aa]	15.19±0.54[a]
C	9.77±0.86[b]	15.02±2.06	18.33±0.74[Bb]	14.35±1.20[b]

同列数据肩标不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05），不同大写字母表示差异极显著（*P*<0.01），相同或无字母表示诧异不显著（*P*>0.05）。下表同。

Values in the same column with different small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05), and with different capital letter superscripts mean extremely significant difference (*P*<0.01), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference （*P*>0.05）. The same as below.

2.2 奶牛体重

由表 3 可知，与分娩当天比较，A、B、C 组奶牛产后 15 d 体重分别损失 5.36%、5.61%、6.27%，C 组体重损失最高；A、B、C 组奶牛产后 30 d 体重分别损失 6.30%、5.03%、8.22%，C 组体重损失最高。

表 3 围产前期饲粮粗蛋白质水平对奶牛产后体重的影响

Table 3 Effects of prepartal dietary protein level on body weight of postpartum cows kg

组别	产后时间 Postpartal time/d			
Groups	-21	0	15	30
A	763.43±61.76	711.86±58.00	673.71±55.23[a]	667.00±55.40[a]
B	765.86±64.313	720.57±60.69	680.14±60.89[a]	684.29±57.90[a]
C	767.29±63.82	711.00±56.92	666.43±52.89[b]	652.57±51.37[b]

产后时间的负值表示产前天数，0 d 表示分娩当天。下表同。

Negative values of postpartal time indicated prepartal days, and 0 d was the parturition day. The same as below.

2.3 犊牛初生重

由表 4 可知，各试验组奶牛产出犊牛初生重组间差异不显著（*P*>0.05）。

表 4 围产前期奶牛饲粮粗蛋白质水平对犊牛初生重的影响

Table 4 Effects of prepartal dietary protein level of cows on birth weight of calves kg

组别 Groups	犊牛初生重 Calves' birth weight
A	43.08±1.59
B	43.67±0.63
C	42.64±1.42

2.4 奶牛产奶量

由表 5 可知，中饲粮粗蛋白质水平有增加产奶量的趋势，B 组产后 1~30 d 产奶量比 C 组高 2.27 kg（*P*＞0.05），比 A 组高 1.54 kg（*P*＞0.05）。

表 5　围产前期饲粮粗蛋白质水平对奶牛产后产奶量的影响

Table 5　Effects of prepartal dietary protein level on milk yield of postpartal cows　kg/d

组别	产后时间 Postpartal time/d			
Groups	1~10	11~20	21~30	1~30
A	26.23±2.77	35.47±2.49	36.53±0.27	32.46±3.11
B	27.52±3.66	36.39±1.29	37.01±1.17	34.00±3.28
C	23.60±4.61	34.43±3.31	35.65±0.33	31.73±4.14

2.5　奶牛乳品质

由表 6 可知，产后 2~10 d，B 组的乳糖率比 C 组高 4.31%（*P*<0.05）。产后 11~20 d,C 组的乳蛋白率比 A 组高 4.23%（*P*<0.05），A 组乳非脂固形物率比 C 组高 4.32%（*P*<0.05）。产后 21~30 d，A、C 组乳脂率分别比 B 组高 3.33%、3.94%(*P*<0.01)。C 组的乳蛋白率比 A 组高 4.32%（*P*<0.05）。A、B 组的乳非脂固形物率分别比 C 组高 4.04%、3.79%(*P*<0.05)。

表 6　围产前期饲粮粗蛋白质水平对奶牛乳成分的影响

Table 6　Effects of prepartal dietary protein level on milk composition of cows　%

项目 Items	组别	产后时间 Postpartal time/d			
	Groups	1	2~10	11~20	21~30
乳脂率 Milk fat percentage	A	5.71±0.03	3.76±0.01	3.61±0.02	3.41±0.03^{Aa}
	B	5.74±0.03	3.97±0.06	3.63±0.02	3.30±0.03^{Bb}
	C	5.73±0.02	3.80±0.16	3.63±0.02	3.43±0.02^{Aa}
乳蛋白率 Milk protein percentage	A	4.39±1.24	3.14±0.19	3.07±0.15^{b}	3.01±0.09^{b}
	B	4.98±1.78	3.19±0.18	3.16±0.08^{ab}	3.11±0.08^{ab}
	C	5.14±1.69	3.25±0.04	3.20±0.09^{a}	3.14±0.10^{a}
乳糖率 Lactose percentage	A	5.50±0.15	5.24±0.08^{ab}	5.13±0.16	5.07±0.20
	B	5.63±0.21	5.33±0.11^{a}	5.14±0.10	5.08±0.11
	C	5.47±0.07	5.11±0.26^{b}	4.99±0.22	4.91±0.14
乳非脂固形物率 Milk SNF percentage	A	14.53±4.39	8.77±0.09	8.69±0.25^{a}	8.50±0.25^{a}
	B	14.18±4.59	8.68±0.49	8.61±0.20^{ab}	8.48±0.21^{a}
	C	12.65±3.28	8.54±0.49	8.33±0.41^{b}	8.17±0.24^{b}

2.6　奶牛养分表观消化率

由表 7 可知，围产前期 B 组的粗蛋白质表观消化率比 A、C 组高 12.56%、4.41%(*P*<0.05)，其他指标差异不显著（*P*>0.05)。

表 7　围产前期饲粮粗蛋白质水平对围产期奶牛养分表观消化率的影响

Table 7 Effects of prepartal dietary protein level on nutrient apparent digestibility of cows during perinatal period %

时间 Time	组别 Groups	粗蛋白质 CP	粗脂肪 EE	中性洗涤纤维 NDF	酸性洗涤纤维 ADF	钙 Ca	磷 P
围产前期 Prepartal period	A	73.72±2.76[b]	56.28±0.57	66.93±0.36	56.28±0.57	58.69±2.96	67.70±3.30
	B	82.98±2.21[a]	57.44±0.47	67.77±0.10	57.44±0.47	56.36±1.57	66.49±2.02
	C	79.32±1.45[a]	54.84±1.10	66.51±0.20	54.84±1.10	57.36±0.94	67.23±3.89
产后 Postpartum	A	80.33±0.98	62.36±0.81	67.75±0.45	62.36±0.81	58.44±3.00	67.15±3.10
	B	80.45±4.09	62.43±0.55	68.43±0.06	62.43±0.55	56.43±1.91	66.25±2.33
	C	78.72±0.95	61.71±0.28	67.62±0.15	61.71±0.28	57.23±0.71	67.42±3.89

2.7 奶牛血液指标

由表 8 可知，从产前 21 d 开始至产前 7 d，血清 GLU 含量呈下降趋势，分娩当天有所上升，然而产后 10、20、30 d，3 组 GLU 含量持续上升，B 组显著高于 C 组（P<0.05）。产前 3 组血清 TP 含量呈下降趋势，分娩当天，B 组显著高于 C 组（P<0.05）；产后，3 组 TP 含量开始恢复，但组间差异始终不显著（P>0.05）。产前 3 组的血清 ALB 含量差异不显著（P>0.05）；分娩当天，C 组显著低于比 A、B 组（P<0.05）；而产后 20、30 d，B 组极显著高于 C 组（P<0.01）。分娩当天，产后 5、10、20 d，B 组血清 TG 含量显著低于 A、C 组（P<0.05）。产前 21 d，各组血清 IGF-Ⅰ含量差异不显著（P>0.05），随着分娩的来临，3 组均呈下降趋势，分娩当天降至最低，A 组最低，C 组居中，B 组最高，3 组差异极显著（P<0.01）；产后 5、10、20 d，B 组极高于 A、C 组（P<0.01）。随着分娩来临，血清 Ins 含量呈下降趋势，分娩当天降至最低，产后逐渐升高；产后 5、10 d，B 组显著或极显著低于 A、C 组（P<0.05 或 P<0.01）；产后 20 d，B 组极显著低于 C 组（P<0.01），A 组显著低于 C 组（P<0.05）；产后 30 d，Ins 含量又有所下降，B 组显著低于 A、C 组（P<0.05）。产前血清 LP 含量呈下降趋势，产前 14 d 时，B 组极显著高于 C 组（P<0.01）；产前 7 d，分娩当天，产后 5、10 d，B 组极显著高于 A、C 组（P<0.01）。3 组血清 UN 含量差异不显著（P>0.05）。

表 8 围产前期不同饲粮粗蛋白质水平对奶牛血液指标的影响

Table 8 Effects of prepartal dietary protein level on blood indexes of cows

项目 Items	组别 Groups	产后时间 Postpartal time/d							
		-21	-14	-7	0	5	10	20	30
葡萄糖	A	3.48±0.40	3.34±0.27	2.97±0.61	3.07±0.58	3.25±0.43	3.04±0.53[ab]	3.34±0.67[ab]	3.71±0.24[ab]
GLU	B	3.31±0.60	3.21±0.49	3.06±0.24	3.52±0.15	3.65±0.05	3.64±0.45[a]	3.91±0.29[a]	3.86±0.50[a]
/(mmol/L)	C	3.86±0.23	3.16±0.20	2.97±0.25	3.34±0.21	3.49±0.11	2.77±0.10[b]	3.02±0.31[b]	3.18±0.28[b]

总蛋白	A	76.85±8.34	77.53±5.56	74.69±4.94	67.05±4.23^{ab}	67.60±2.30	73.15±4.89	79.47±5.55	76.64±6.25
TP/(g/L)	B	75.74±6.72	74.69±5.35	68.20±4.74	71.57±3.89^{a}	71.66±2.28	73.51±2.04	80.01±6.63	77.23±1.61
	C	76.49±5.42	74.86±3.44	71.65±8.16	63.35±4.38^{b}	68.84±4.48	71.14±0.98	74.18±7.42	76.74±6.85
白蛋白	A	36.83±7.85	36.86±8.38	35.02±6.17	34.72±6.76^{a}	36.51±4.72	33.62±7.93	34.39±0.85^{AB}	35.42±2.07^{AB}
ALB/(g/L)	B	33.48±4.35	36.19±7.33	34.32±5.00	37.62±4.19^{a}	33.13±6.13	38.29±1.46	37.73±0.80^{A}	38.73±1.88^{A}
	C	28.77±3.09	28.40±0.34	28.86±4.49	26.29±3.18^{b}	28.16±4.49	32.82±2.20	28.74±4.60^{B}	33.77±0.88^{B}
尿素氮 UN	A	6.80±1.24	7.41±0.83	6.24±1.35	7.60±1.46	6.60±1.58	6.46±0.98	7.61±1.07	8.47±1.79
/(mmol/L)	B	6.47±0.72	8.11±1.55	8.15±1.70	8.90±3.44	7.27±1.49	6.75±1.48	5.59±0.52	5.95±1.46
	C	7.14±1.17	8.25±1.52	7.05±1.34	8.07±2.20	7.79±3.28	7.31±1.95	7.69±2.01	8.63±2.32
甘油三酯	A	0.23±0.08	0.26±0.04	0.28±0.02	0.29±0.008^{a}	0.29±0.01^{a}	0.29±0.00^{a}	0.29±0.00^{a}	0.29±0.00
TG/(mmol/L	B	0.28±0.07	0.28±0.02	0.26±0.02	0.26±0.01^{b}	0.26±0.01^{b}	0.27±0.14^{b}	0.28±0.01^{b}	0.29±0.01
)	C	0.26±0.06	0.26±0.03	0.27±0.03	0.28±0.02^{a}	0.29±0.01^{a}	0.29±0.00^{a}	0.29±0.01^{a}	0.28±0.01
胰岛素 Ins	A	10.47±0.25	10.38±0.13	9.22±0.16	8.22±0.05	8.77±0.04^{a}	9.23±0.09^{A}	8.86±0.11^{Ab}	8.49±0.05^{a}
/(μIU/mL）	B	10.50±0.24	10.32±0.24	9.04±0.68	7.66±0.52	8.30±0.37^{b}	8.67±0.09^{B}	8.26±0.14^{Bc}	8.11±0.12^{b}
	C	10.58±0.30	10.36±0.21	9.50±0.41	8.33±0.51	8.91±0.26^{a}	9.43±0.28^{A}	9.29±0.29^{Aa}	8.52±0.38^{a}
瘦素 LP	A	4.73±0.05	4.18±0.07^{AB}	3.51±0.07^{B}	3.34±0.05^{B}	3.48±0.07^{B}	4.57±0.05^{B}	4.34±0.07	4.31±0.07^{AB}
/(μg/L)	B	4.62±0.05	4.34±0.06^{A}	3.84±0.08^{A}	3.55±0.06^{A}	3.80±0.08^{A}	4.78±0.10^{A}	4.57±0.08	4.44±0.07^{A}
	C	4.72±0.15	4.10±0.10^{B}	3.43±0.04^{B}	3.33±0.07^{B}	3.44±0.08^{B}	4.43±0.10^{B}	4.39±0.30	4.19±0.11^{B}
胰岛素样生	A	173.71±0.98	147.38±3.45	140.72±0.49	129.85±0.60^{C}	137.66±0.35^{B}	141.59±0.35^{B}	147.79±0.19^{B}	150.71±0.41^{B}
长因子 I	B	179.14±0.42	145.43±0.39	140.64±0.37	144.12±0.50^{A}	127.38±0.60^{C}	135.62±0.81^{C}	137.66±0.71^{C}	148.29±3.22^{B}
IGF- I /(μg/L)	C	174.13±0.91	148.76±0.18	141.18±0.64	135.60±0.70^{B}	141.75±0.89^{A}	150.74±0.49^{A}	150.61±0.74^{A}	156.00±0.25^{A}

3 讨 论

3.1 围产前期不同饲粮粗蛋白质水平对荷斯坦奶牛 DMI 及体重的影响

产后奶牛的 DMI 是影响产奶和奶牛体重变化的一个主要因素，提高 DMI 可缩短奶牛的能量负平衡时间。研究表明，低蛋白质水平不利于 DMI 的增加，DMI 下降，这将导致蛋白质缺乏，从而不足以满足消化酶的合成，就抑制了瘤胃细菌的发酵作用，导致机体蛋白质分解，会引起产奶量和乳蛋白率降低[6]。然而过高蛋白质水平的饲粮不仅对奶牛生产性能提高影响甚微，而且增加了氮的排泄量，导致了氮的利用效率低下[7]。Greenfield 等[3]试验表明，分别用粗蛋白质水平为 12%与 16%的饲粮饲喂围产期奶牛，粗蛋白质水平为 12%的饲粮水平更有益于奶牛产后恢复，DMI 也较高，这是因为过高的粗蛋白质水平可能延长了机体产后对饲粮的适应期，增加了代谢需求。本试验结果与之一致，分别饲喂奶牛粗蛋白质水平为 12.12%、13.07%、14.02%的饲粮，饲喂粗蛋白质水平为 13.07%时，奶牛 DMI 最高。

奶牛的 DMI 与体重变化密切相关。围产前期奶牛体重增加的原因是由于机体处在能量正平衡状态，奶牛所摄入的营养物质不仅能够满足胎儿的发育需要而且能够增加自身体重。而产后由于分娩及能量负平衡，奶牛体重呈下降趋势。本试验中，C 组的体重损失高于 A、

B 组，这是因为高粗蛋白质水平饲粮降低了奶牛的 DMI，而 DMI 下降和围产后期大量泌乳期及围产期内分泌状态的改变，都促使机体动员分解脂肪组织[8]。虽然 A、B 组对奶牛体重的影响没有达到统计学水平上的显著，但可以看出 B 组体重损失有低于 A 组的趋势。泌乳早期提高 DMI 可缩短奶牛的能量负平衡时间[9]。而能量负平衡奶牛体重损失多，这就进一步解释了 B 组奶牛 DMI 高，体重损失小的原因。

3.2　围产前期不同粗蛋白质水平对荷斯坦奶牛所产犊牛平均初生重的影响

本试验中，B 组所产犊牛的初生重与 A、C 组的差异虽未达到统计学的水平，但可以看出 B 组犊牛重有高于 A、C 组的趋势。导致 3 组犊牛初生重差异的原因可能是奶牛不同 DMI 导致了能量负平衡时间的差异。而其差异会使体内 GLU、非酯化脂肪酸和 β-羟基丁酸含量均发生改变,这可能使得机体做出一系列适应性调控营养物质并重新分配营养物质,从而导致了犊牛初生体重的差异[10]。

3.3　围产前期不同粗蛋白质水平对荷斯坦奶牛产奶量的影响

饲粮蛋白质水平对影响泌乳动物的产奶性能起着重要的作用，过低的蛋白质水平影响奶牛产奶性能的发挥，过高的蛋白质水平不仅造成蛋白质饲料资源浪费，而且加重了排泄氮对环境的影响。因此，适宜的饲粮蛋白质水平不仅充分发挥奶牛的产奶性能，还可以提高饲料利用率并降低对环境的不良影响。有关饲粮蛋白质水平对反刍动物产奶量的影响已有较多报道。Chew 等[11]在整个干奶期分别饲喂 9%或 11%的粗蛋白质饲粮,结果表明饲喂 11%粗蛋白质水平的奶牛产奶量较高。Santos 等[4]研究表明围产前期饲粮粗蛋白质水平由 12.7%提高到 14.7%，并未提高经产奶牛生产性能。由此可知，虽然饲粮粗蛋白质水平可以提高奶牛产奶量，但也有最适水平，超过这个水平并不会提高奶牛的产奶性能，反而造成蛋白质资源的浪费[12]。本结果与之一致。本试验中，3 组奶牛的产奶量差异虽未达到统计学的显著水平，但 B 组始终处于优势。由此可见，在不影响奶牛产奶性能的情况下，饲粮粗蛋白质水平可以从高粗蛋白质水平下降到中粗蛋白质水平。由此可见，合理的营养调控不仅不影响奶牛生产性能，而且可以降低饲粮粗蛋白质水平，降低饲料成本赢得最大利益的同时，也减少了氮排放，保护了自然环境。

3.4　不同饲粮粗蛋白质水平对荷斯坦奶牛乳品质的影响

本试验中，在产后 21~30 d 阶段，B 组的乳脂率极显著低于 A、C 组，这可能是因为中

粗蛋白质水平的饲粮增加了产奶量，在饲粮精粗比一致的情况下，乳脂率通常与产奶量呈负相关，即产奶量越高，乳脂率越低[13]；随着饲粮粗蛋白质水平的提高，乳蛋白率呈上升趋势。卢德勋[14]研究表明，饲粮粗蛋白质水平同乳蛋白率呈正相关，饲粮粗蛋白质水平每增加 1%，乳蛋白率增加 0.02%。该结果与本研究一致。在产后 2~10 d 内，B 组的乳糖率比 C 组高 4.31%，产生这种差异可能是因为饲喂 B 组饲粮奶牛的血清 GLU 含量较高，可以满足高产奶牛需大量 GLU 合成乳糖需求[15]；近年来，乳非脂固形物率也应引起人们重视[16]，本试验结果可知，在产后 11~20 d、21~30 d 这 2 个阶段中，A 组的乳非脂固形物率显著高于 C 组，这与赵小伟等[17]、尹福泉等[5]报道不一致，他们认为饲喂不同粗蛋白质水平饲粮对奶牛乳非脂固形物率无显著影响。产生这种结果可能是牛种类、胎次、饲养环境不同所致。有关围产前期饲粮粗蛋白质水平对产后奶牛乳成分的影响有待进一步研究。

3.5　围产前期不同饲粮粗蛋白质水平对荷斯坦奶牛养分表观消化率的影响

尹福泉等[5]认为随着饲粮粗蛋白质水平的提高，粗蛋白质、中性洗涤纤维的表观消化率有降低趋势，但差异不显著。本试验结果显示，围产前期不同粗蛋白质水平对奶牛养分表观消化率有一定的影响。与 A、C 组相比，B 组粗蛋白质水平更有利于养分的消化。分析原因一方面是适宜粗蛋白质水平有助于缩短机体能量负平衡的时间，从而维持了机体的健康状态，提高了养分表观消化率，另一方面可能是因为本试验采用了点采粪法，而非全收粪法，故与其他学者的结果有所差异，具体影响机制有待进一步研究。

3.6　围产前期不同饲粮粗蛋白质水平对荷斯坦奶牛血液指标的影响

血清 TG 含量直接反映了脂肪消化吸收的状态，正常状态下，机体血液脂肪含量较低，当体内脂类运输障碍时，血液脂肪含量会明显升高[18]。本试验中产后 A、C 组 TG 含量显著高于 B 组，这是因为产前 A、C 组的低、高粗蛋白质水平饲养导致产后 DMI 减少增多，能量负平衡持续时间更长，而机体泌乳等能量需要量增加致使大量的体脂动员或因乳腺组织摄取和利用的脂肪酸少。这将导致 TG 不完全氧化产生大量酮体而发生奶牛酮病，或 TG 在肝脏蓄积而发生脂肪肝。

在围产后期，奶牛对 GLU 的需求迅速增加，这一现象的出现给肝脏和其他组织提出了极大的挑战，肝脏需要利用生糖前体物质（如丙酸和氨基酸）合成大量的 GLU。产后 30 d，B 组血清 GLU 含量显著高于 C 组，表明产前中粗蛋白质水平饲养更有益于产后通过机体的

自身调节，使 GLU 含量得以回升。血清中 TP、ALB 含量的变化，也反映了肝脏的功能及机体的能量代谢[19]。本试验中，产后 B 组的血清 TP 含量高于 C 组。奶牛血清 ALB 含量变化趋势与 TP 变化相似。这可能是因为 C 组产前机体营养相对充足，加大了胎儿及机体组织对血清蛋白质的利用，从而产后恢复较慢，此外，则可能是本试验中高粗蛋白质水平组 DMI 下降，能量负平衡时间延长，影响肝脏蛋白质的合成与分泌。

血清 UN 含量是反映动物机体蛋白质代谢状况的一个重要指标，用于衡量机体蛋白质的沉淀情况，在饲粮蛋白质水平稳定的情况下，血清 UN 含量较低表明其他部位的蛋白质沉积率高，过高时会使氮通过尿液排出体外，从而降低氮的利用率[20]。对于反刍动物，适宜粗蛋白质水平的饲粮可促进氨态氮用于微生物蛋白的合成，降低血清 UN 含量。有研究表明，血清 UN 含量升高意味着机体蛋白质分解作用的增强或是肝脏的尿素再循环程度的增加[21]。本试验中，B 组奶牛产后血清 UN 含量低于 A、C 组，由此可见 B 组粗蛋白质水平在改善奶牛对含氮物的利用和沉积方面有较好效果。

IGF-Ⅰ对乳腺细胞的发育、凋亡的抵抗和功能的维持起着相当重要的作用[22]。又因其在分子结构上和 Ins 类似，它能够发挥类 Ins 的作用，降低血清 GLU，促进脂肪的分解和蛋白质合成，刺激乳腺上皮细胞的增生[23]。本试验中，产前 B 组血清 IGF-Ⅰ含量极显著高于 A、C 组，这意味着 B 组饲粮促进了机体合成大量蛋白质，为日后泌乳打好基础。而产后 B 组的 IGF-Ⅰ含量极显著低于 A、C 组，说明饲粮粗蛋白质水平满足了奶牛泌乳需求，不需要动员相关激素。Ins 也是调节 GLU 稳定的主要激素，Ins 可以通过以下 2 个方面降低血清中 GLU 的含量。一方面可以将其以糖原的形式或在肝细胞中将其转化为脂肪酸贮存起来，另一方面可以促使 GLU 氧化生成高能磷酸化合物作为能量来源。因此，Ins 可以调节机体能量代谢紊乱。本试验中,产后 A、C 组血清 Ins 含量显著或极显著高于 B 组,这是因为 A、C 组饲粮致使奶牛 DMI 下降，进食的能量不足，依靠体脂动员(脂肪酶活性增高)来弥补能量不足，从而使 GLU 含量升高，而这终将导致 Ins 分泌增多来调节其水平，从而维持其稳定。左之才[24]认为 Ins 有抑制泌乳的作用，这与本试验结果一致，也就解释了产后 B 组奶牛的产奶量高于 A、C 组。

LP 是由脂肪细胞分泌的一种激素，在体内主要起到调节摄食行为，减少能量消耗和降低动物采食量的作用[25]。当血清 LP 处于正常水平时，主要通过下丘脑对机体起到抑制摄食

作用。当血中 LP 高于正常水平时，可通过对下丘脑和直接对脂肪组织作用，减少机体 DMI 且增强脂肪代谢，从而达到消耗脂肪的效果。另据报道，奶牛围产后期奶牛血清 LP 含量的升高与能量负平衡的程度和持续时间有关，泌乳早期能量负平衡造成体重下降，也导致血液 LP 含量下降，这利于促进奶牛食欲,增加干物质摄入[26]。本试验发现围产前期饲喂较低蛋白饲粮，产后血清 LP 含量高，DMI 高，体重损失少；而 A 和 C 组产后体重损失多，DMI 低，血清 LP 含量也较低。这与牛淑玲等[27]和裴妍等[28]的试验结果相一致。有关 LP 与饲粮养分间的关系仍需深入研究。

4　结　论

与 12.12%、14.02%水平相比，围产前期粗蛋白质水平为 13.07%的饲粮，提高了产后奶牛的 DMI 和产奶量，降低了奶牛产后体重损失，加快了产后血清 GLU 含量的恢复，使 TG 保持在较低水平，降低对肝脏的危害，同时提高奶牛血清中 LP 含量，缓解产后能量负平衡状态。

参考文献：

[1] 徐鹏.奶牛围产期能量负平衡及其代谢调节机制的研究[D].硕士学位论文.大庆:黑龙江八一农垦大学,2009.

[2] CRAWLEY D D,KILMER L H.Effect of level and source of rumen degradable protein fed prepartum on postpartum performance of dairy cows[J].Journal of Dairy Science,1995,78(Suppl.1):266.

[3] GREENFIELD R B,CECAVA M J,JOHNSON T R et al.Impact of dietary protein amount and rumen undegradability on intake,peripartum liver triglyceride,plasma metabolites,and milk production in transition dairy cattle[J].Journal of Dairy Science,2000,83(4):703–710.

[4] SANTOS J E P,DEPETERS E J,JARON P W,et al.Effect of prepartum dietary protein level on performance of primigravid and multiparous Holstein dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2001,84(1):213–224.

[5] 尹福泉,嘎尔迪.围产前期不同蛋白质水平日粮对奶牛生产性能的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2008(11):22–24.

[6] BRODERICK G A.Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of

lactating dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2003,86(4):1370–1381.
[7] 李德鹏.泌乳中期奶牛日粮适宜蛋白水平研究[D].硕士学位论文.泰安:山东农业大学,2014.
[8] 张幸开.围产期奶牛的生理特点和营养需求[J].中国奶牛,2012(4):62–65.
[9] 梁英香,梁兰香,严惠群,等.围产期奶牛日粮中的粗蛋白水平对消化率及生产性能的影响研究[J].浙江畜牧兽医,2007(5):1–2.
[10] 张志宏.围产前期不同能量水平对出生后犊牛生长性能,免疫能力以及内分泌的影响[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2013.
[11] CHEW B P,MURDOCK F R,RILEY R E,et al.Influence of prepartum dietary crude protein on growth hormone,insulin,reproduction and lactation of dairy cows[J].Journal of Dairy Science,1984,67(2):270–275.
[12] 徐红蕊,时建青,赵国琦.反刍动物体内尿素氮代谢研究进展[J].畜牧兽医杂志,2006,25(1):23–24,27.
[13] 王建华,戈新,张宝珣,等.不同能量蛋白水平日粮对崂山奶山羊消化代谢的影响[J].中国饲料,2011(1):5–7.
[14] 卢德勋.乳牛围产期营养工程技术[J].乳业科学与技术,2002,25(3):31–34.
[15] 钟乐伦,姚军虎,徐明.反刍动物葡萄糖营养研究进展[J].饲料博览,2006(5):13–15.
[16] 张继慈,津善德.关于提高鲜奶的非脂固形物含量[J].国外畜牧科技,1983(4):19–22.
[17] 赵小伟,周凌云,卜登攀,等.日粮营养调控对奶牛乳组成的影响[J].中国畜牧兽医,2011,38(3):16–20.
[18] 杨沛林.不同能量摄入水平对奶牛生产性能及血液相关指标的影响[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2007.
[19] 左之才,邓俊良,王哲,等.不同能量摄入水平对围产期健康奶牛血清总胆红素、蛋白及转氨酶的影响[J].中国兽医学报,2007,27(6):865–869.
[20] STANLEY C C,WILLIAMS C C,JENNY B F,et al.Effects of feeding milk replacer once versus twice daily on glucose metabolism in Holstein and Jersey calves[J].Journal of Dairy Science,2002,85(9):2335–2343.

[21] CHIKHOU F H,MOLONEY A P,ALLEN P,et al.Long-term effects of cimaterol in Friesian steers: Ⅰ.Growth,feed efficiency,and selected carcass traits[J].Journal of Animal Science,1993,71(4):906–913.

[22] 孙振华.双低菜粕替代棉粕与豆粕在高产奶牛中的应用效果研究[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2012.

[23] 王群,尹军力,唐波,等.不同蛋白质水平日粮中添加 2-羟基-4-(甲硫基)丁酸异丙酯对奶牛生产性能及血液生化指标的影响[J].南京农业大学学报,2014,37(3):126–132.

[24] 左之才.不同能量水平对围产期奶牛生产性能、血液生化及内分泌因子影响的研究[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2004.

[25] 刘建忠,李宁,熊远著,等.人和小鼠肥胖基因及其表达产物瘦蛋白的研究进展[J].农业生物技术学报,2004,8(4):396–402.

[26] REIST M,ERDIN D,VON EUW D,et al.Concentrate feeding strategy in lactating dairy cows:metabolic and endocrine changes with emphasis on leptin[J].Journal of Dairy Science,2003,86(5):1690–1700.

[27] 牛淑玲,张才,张国才,等.饲粮处理对奶牛产奶量及脂肪组织瘦素基因表达的影响[J].中国农业科学,2007,40(10):2382–2386.

[28] 裴妍,李秀菊,张才,等.不同能量摄入水平对奶牛产乳性能及血液中 Leptin 和 NPY 浓度的影响研究[J].饲料工业,2006,27(21):31–34.

Impact of Prepartal Dietary Crude Protein Level on Postpartal Production Performance and Blood Biochemical Indexes of Multiparous Holstein Dairy Cows

LIU Wei[1] LI Yan[2*] GAO Yanxia[1,3] LI Qiufeng[1,3] CAO Yufeng[1,3] Li Jianguo[1,3**]

(1. *College of Animal Science and Technology, Hebei Agricultural University, Baoding* 071001, *China*; 2. *College of Veterinary Medicine, Hebei Agricultural University, Baoding* 071001, *China*; 3. *Embryo Engineering and Technological Center of Cattle and Sheep of Hebei, Baoding* 071001, *China*)

Abstract: The objective of this study was to determine the effects of perpartal dietary protein level on postpartal production performance and blood biochemical indexes of multiparous Holstein

dairy cows. Twenty-one multiparous Holstein dairy cows with similar parity, expected date of confinement, body weight, as well as similar persistence time and milk yield of the last lactation period were selected and randomly assigned into three groups with 7 cows in each group. Cows were fed diets with the same net energy for lactation level (5.50 MJ/kg), and three different crude protein levels [12.12% (group A), 13.07% (group B) and 14.02% (group C)] during prepartal period (in 21 days before parturition). The production performance and blood biochemical indexes during postpartal days 1 to 30 were investigated. The results showed as follows: 1) on postpartal days 1 to 30, dry matter intake of group B were 5.41% and 5.85% higher than that in group A and C (P<0.01), respectively. On postpartal days 30, body weight lose of groups A, B and C were 6.30%, 5.03% and 8.22%, respectively, and group C was the highest. Group B compared the other two groups showed a trend of increasing postpartal milk production, however, there was no significant difference among groups (P>0.05). On postpartal days 2 to 10, lactose content of group B was 4.31% higher than that of group C (P<0.05). The apparent digestibility of crude protein of group B during prepartal period was 12.56% higher than that of group A (P<0.05). 2) On postpartal days 10, 20 and 30 d, serum glucose content of group B was 31.41%, 29.47% and 21.38% higher than that of group C(P<0.05), respectively. On the day of delivery, serum total protein content of group B was 12.98% higher than that of group C (P<0.05). On postpartal days 30, the contents of albumin and leptin of group B were 14.69% and 5.97% higher than that of group C (P<0.01), respectively. On postpartal days 20, serum triglyceride content of group B was 3.57% lower than that of group A and group C (P<0.05), and serum insulin content of group B was 7.26% and 12.47% lower than that of group A and group C (P<0.01), respectively. On postpartal days 30, serum insulin-like growth factor Ⅰ content of group B was 4.94% lower than that of group C (P<0.01). The results indicate that prepartal dietary crude protein level of 13.07% was optimal for dairy cows.

Key word: Holstein cows；transition；protein level；plasma biochemical index；performance

---

*Contributed equally

**Corresponding author, professor, Email： jgli@hebau.edu.cn

（责任编辑　王智航）